

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний

Пояснювальна записка
до *дипломної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»
на тему: «Удосконалення конструкції котків картоплезбиральних
машин»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 208 Агроінженерія
ступеня вищої освіти «*магістр*» групи 1
Кандзюба Олексій Вікторович

Полтава - 2022 року

РЕФЕРАТ

Представлена магістерська робота на тему «Удосконалення конструкції котків картоплезбиральних машин» складається з пояснювальної записки з викладенням стану питання та вибору напрямку досліджень, представленої методики та методів досліджень.

Мета магістерської роботи – обґрунтування конструкційно-режимних параметрів механізму руйнування грудок та поліпшення сепарації в картоплезбиральній машині.

Для досягнення поставленої мети сформульовані такі задачі дослідження:

- провести аналіз досліджень застосування котків на картоплезбиральній машині;
- теоретично обґрунтувати параметри котка картоплезбиральної машини;
- експериментально уточнити параметри котка картоплезбиральної машини;
- дослідити в польових умовах роботу картоплезбиральної машини з удосконаленим котком;
- оцінити техніко-економічний ефект впровадження вдосконаленого котка картоплезбиральної машини.

Об'єкт дослідження – технологічний процес руйнування грудок котком

Предмет дослідження – аналітичні та експериментальні закономірності процесу руйнування грудок котком..

Експериментальні дослідження та випробування проведені за власною методикою. При обробці результатів експериментальних досліджень використані кореляційно-регресійні методи статистичного аналізу. Обґрунтування параметрів котка проводилося за відомими та приватними методиками з використанням пакетів програм «Microsoft Office», «STATISTICA 10».

Ключові слова: КОТОК, КАРТОПЛЯ, ТЕХНОЛОГІЯ, ПОДРІБНЕННЯ ГРУНТ.

ВСТУП

Актуальність теми. Картоплезбиральні машини безперервно змінюються у бік зменшення витрат людської праці та збільшення кількості автоматизованих процесів, що супроводжуються комбінуванням технічних засобів. Як правило, при механізованому збиранні картоплі на суглинних ґрунтах при висиханні після опадів утворюються ґрунтова кірка, яка при руйнуванні дає грудки розмірами з бульбу. Так як дані грудки не відсіюються під час сепарації, то потрапляючи в бункер засмічують картопляну купу, тому руйнування грудок актуальне при збиранні картоплезбиральних машин.

Багаторічними дослідженнями авторів встановлено, що в таких умовах найефективніша конструкція передньої частини комбайна з копіювальними грядками комкоруйнівними котками, тому необхідно проводити дослідження в цій галузі з розробкою їх нових конструкцій, що дозволить підвищити техніко-економічний ефект використання картоплезбиральних машин.

Мета досліджень - руйнування грудок та поліпшення сепарації в картоплезбиральній машині.

Відповідно до поставленої мети були сформульовані завдання досліджень:

- провести аналіз досліджень застосування котків на картоплезбиральній машині;
- теоретично обґрунтувати параметри котка картоплезбиральної машини;
- експериментально уточнити параметри котка картоплезбиральної машини;
- дослідити в польових умовах роботу картоплезбиральної машини з удосконаленим котком;
- оцінити техніко-економічний ефект впровадження вдосконаленого котка картоплезбиральної машини.

Об'єкт дослідження – процес руйнування грудок котком.

Предмет дослідження – закономірності процесу руйнування грудок котком.

Наукову новизну роботи складають:

- теоретична залежність, що встановлює зв'язок між глибиною

занурення, кількістю кілець та вертикальним навантаженням котка;

— аналітична залежність впливу кількості кілець та вологості ґрунту на руйнування грудок.

Достовірність результатів досліджень. Під час проведення лабораторних досліджень використовувалися сучасні методики, прилади та установки. Застосовувалися ГОСТ 20915-2011, ГОСТ 23493-79, ГОСТ 24055-2016, ГОСТ 28268-89.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Розвиток картоплезбиральної техніки та її сучасні перспективи

Історія розвитку картоплярства налічує понад двісті років [50]. У світі картопля є затребуваною культурою як і харчової, і хімічної промисловості. Трудомісткість обробки картоплі потребує розвитку і нових технологій, і засобів обробки та збирання картоплі [18]. Технологічна карта вирощування картоплі включає укрупнені етапи: передпосівна обробка ґрунту, посадка та догляд за посівами, збирання. Своєчасне та дбайливе збирання врожаю сприяє збереженню його первісних якісних характеристик та тривалому зберіганню. За весь час еволюції засоби збирання картоплі зазнали суттєвих змін, проте досі ручна праця повністю не пішла з цього процесу.

У розвитку засобів збирання картоплі можна виділити 5 основних етапи та 4 перехідні періоди (рисунок 1.1). Виділення основних етапів пов'язане з використанням принципово нових засобів збирання картоплі:

1. етап ручної праці;
2. гужовий етап;
3. тракторний етап;
4. етап самохідних комбайнів;
5. етап роботизації»[60].

При цьому слід зазначити, що здобутки попередніх етапів є стартовою основою наступних. У зв'язку з цим необхідно виділення перехідних періодів, які мають ознаки попереднього етапу та наступного:

1. плужний період;
2. період елементарної механізації;
3. період причіпних комбайнів;
4. період комбайнів із інтелектуальними бортовими системами» [60].

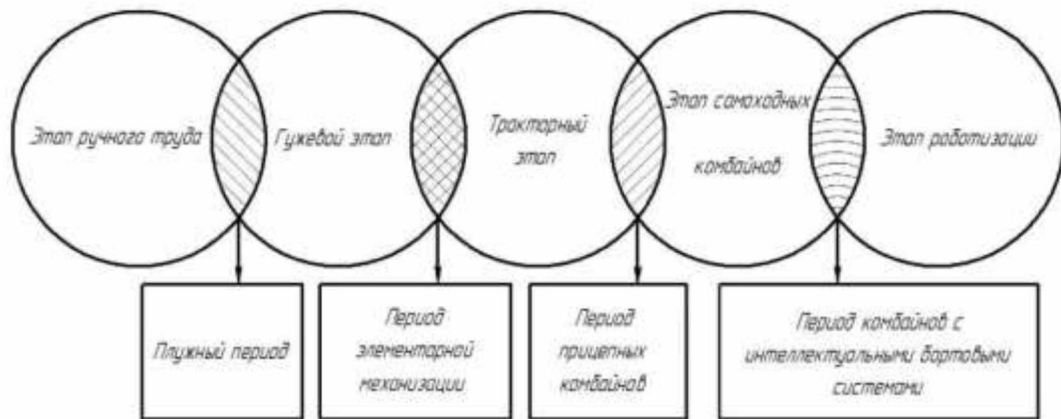


Рисунок 1.1 - Етапи та періоди розвитку картоплезбиральних засобів

Тимчасові рамки зміни етапів розвитку засобів збирання картоплі сильно розмиті та не мають чітких меж. Це зумовлено безліччю факторів, основними з яких є:

1. обсяги та напрямки виробництва картоплі (так збирання картоплі для особистих потреб досі, як правило, здійснюється традиційно ручним способом);
2. промислова революція та науково-технічний прогрес (сприяє створенню безлічі експериментальних зразків картоплекопачів та іншої картоплезбиральної техніки, які не набули поширення);
3. освіту нових форм господарювання (веде до розвитку конкуренції і, як наслідок, зростає потреба у сучасних засобах збирання картоплі);
4. рівень соціально-економічного розвитку (тягне структурні та якісні зміни у розвитку продуктивних сил, при цьому сприяє розвитку техніки за наявності стримуючого вартісного фактору).

На першому етапі, коли застосовувалася ручна праця, оброблялися невеликі площі трохи більше 0,25-0,35 га. З інструментарію були сохи, мотики, лопати, вила. Цю стадію можна назвати городним періодом, і вона тривала до середини XIX століття» [60].

Зі збільшенням площ, ручні знаряддя праці змінювалися на плуги, розвиток яких відзначається на плужному періоді. Використання живої тяглової сили у збиранні картоплі притаманно гужевого етапу. Цей етап ознаменований появою кінної тяги та спеціальних пристосувань для розкопування картоплі, але людська

праця залишалася у великому обсязі незмінно. Цей період вже можна назвати польовим, бо площі вирощування картоплі значно зросли. Ця стадія тривала до кінця 20-х років XX століття. Стали з'являтися картоплекопачі, їх удосконалення визначає період елементарної механізації. [60].

В енциклопедичному словнику Ф.А. Брокгауза та І.А. Ефрона (том 14 - 1895 рік) докладно описуються картоплекопачі того часу. У літературному джерелі вказується, що «призначення картоплекопачів полягає не в прискоренні самої роботи, а в можливо повному очищенні бульб від ґрунту [60].

Авторами пропонується всі картоплекопачі, виходячи з їхньої конструкції, розділити на три групи. Копачі першої групи мають найпростішу будову, вони схожі на підгортальник, у якого відвали замінені поруч із 5 - 7 розташованих віялом залізних спиць. Технологія збирання являла собою процес, при якому піднята лемешем земля з гніздами картоплі розпушується спицями і провалюється в проміжки між ними, а бульби розкидаються в сторони від зброї і підбираються пізніше робітниками. До цієї групи віднесені картоплекопачі Говарда, Сакка та ін. [60].

Друга група представлена картоплекопачами-шпурлями. Робочий пристрій зазвичай складається із залізної рами; що знаходиться на двох колесах великого діаметра. Від них рух через вал із прикріпленими на нього металевими стрижнями. Даний механізм схожий на колесо зі спицями, але без обода, що обертається або паралельно осі машини, отже, поперек картопляних борозен, або за напрямом її руху вздовж борозен. Коли такий копач починає працювати, то механізм починає швидко обертатися, підхоплюючи підняту лемешем землю і розкидаючи її. Справа або зліва машини іноді прикріплюють залізну планку або дротяну решітку. Ці додаткові елементи не дають бульбам можливості розлітатися далеко убік [60].

Картоплекопачі третьої групи обладнані ґратами, призначеними для очищення бульб від землі. У копачі Кобилінського земля, рухаючись через вісь колеса, падає на ґрати, де картопля і трясеться, а потім потрапляє до спеціальної скриньки ззаду. Найбільший попит мали копачі першої групи, але характерним

за якістю прибирання визнано знаряддя Кобилінського.

Відлік тракторного етапу умовно можна розпочати з 1936 р., року завод «Розсільмаш» розпочав випуск сільгоспмашин тракторної тяги. Також виробництвом випускалися: кінний однорядний картоплекопач марки «К» швирного типу (1937р.); тракторний 2-рядний картоплекопач ПЕК-2 елеваторного типу (1940р.); картоплезбиральний комбайн ІКХ.

У повоєнні роки на заводі було створено спеціальне конструкторське бюро з механізації обробітку та збирання картоплі. Для повного механізації процесу збирання врожаю намагалися сконструювати кілька зразків картоплезбиральної техніки. В результаті колективної роботи «Розсільмашу» та Тульського комбайнового заводу було освоєно та випущено перші серії картоплезбиральних комбайнів КОК та ККР-2.

Досвідчена партія картоплезбиральних комбайнів К-3 випускається у 1960 році. Вони реалізовані новітні на той час досягнення і конструктивні рішення. Машини виправдали та зарекомендували себе, особливо на легких та середніх ґрунтах» [5]. На збирання 1961 року вийшло 25 таких комбайнів, які прибирали картопля на полях Рязанської та Московської областей, випробовувалися на Центральній машиновипробувальній станції міністерства.

Картоплезбиральний комбайн К-3 був призначений для одночасного викопування двох рядів картоплі з міжрядною відстанню 60 або 70 сантиметрів, відділення бульб картоплі від ґрунту і бадилля, і подачі картопляного вороху в бункер або транспортний засіб, що йде поруч. На той момент продуктивність машини К-3 становила 0,3 - 0,35 га/година. Деталі та вузли даної картоплезбиральної машини виготовлялися на заводах

Використання самохідних комбайнів виводить на новий рівень розвитку картоплезбиральну техніку, яка не потребує додаткового транспорту для переміщення. Комбайн пересувається на колесах самостійно, що забезпечує його маневреність. Етап появи повноцінних картоплезбиральних комбайнів – це вже повна механізація технологічного процесу збирання врожаю. У сучасному світі найбільший попит має наступна картоплезбиральна техніка: Grimme Ventor 530,

Dewulf Kwatro Xtreme , Ploeger AR 4 BX , AVR Puma 3, Lockwood 673 Airharvester та ін [94].

Цей етап є перспективним, оскільки саме на ньому закладено основу автоматизації комбайнів бортовими системами. Одним із сучасних елементів впровадження інтелектуальних технологій є оснащення комбайнів найрізноманітнішими та найскладнішими бортовими комп'ютерами та обладнанням [74]. На моніторі, розташованому в кабіні комбайнера, відображається актуальна цифрова та графічна інформація: про врожайність картоплі, що збирається, продуктивність техніки, швидкість руху, рівень заповнення бункера, втрати, пошкодження та ін. У той же час сучасні модернізовані комбайни можуть бути оснащені, як мінімум, системою картування врожаю та технологіями машинного зору.

Цей етап не є кінцевим, тому що в процесі збирання картоплі безпосередньо бере участь людина-комбайнер.

У перспективі працюватиме з технікою спеціаліст нової формації, який володіє навичками управління роботизованою картоплезбиральною технікою. В умовах цифровізації та розвитку штучного інтелекту на зміну придуть кіберкомбайни та розпочнеться епоха роботизації. Формування та вдосконалення застосовуваних знарядь і засобів збирання картоплі пов'язані з періодами розвитку.

Настає епоха інтелектуальних технічних засобів у АПК [30]. Розробники сільськогосподарської техніки роблять спроби застосовувати у своїй діяльності результати агрокібернетики, електроніки, інтелектуальні, автоматизовані та роботизовані системи, альтернативні джерела енергії. Здійснюються спроби створення розумних, самонавчальних машин. Створення роботів, придатних до роботи на картопляному полі, пов'язані з великими труднощами. Однак у деяких напрямках рослинництва роботи вже використовуються.

Кошти на збирання картоплі безперервно змінюються у бік зменшення витрат праці та збільшення елементів роботизації. Однак у сучасних умовах має місце застосування і причіпних комбайнів, і самохідної техніки, і набирає темпу

активне впровадження інтелектуальних систем, як у першу, так і другу групу картоплезбиральної техніки, тому актуальним є визначення оптимальності їх використання. У таблиці 1.2 представлені деякі релевантні технічні та вартісні параметри, що обґрунтовують вибір картоплезбиральної техніки. Оскільки існує досить великий вибір засобів збирання картоплі з диференціально різними технічними показниками продуктивності та вартісними критеріями, то як приклад використано техніку німецького виробника Grimme [60].

Таблиця 1.2 - Порівняльна характеристика технічних параметрів картоплезбиральних машин

Технічна характеристика комбайна	Типи картоплезбиральних машин		
	Прицепні комбайни (Grimme SE 150-60)	Самохідні комбайни (Grimme SF 150-60)	Комбайни с високою ступінню роботизації технологічних процесів (На прикладі Grimme)
Продуктивність за годину основного часу га/год	0,2-0,4	0,4	0,5
Кількість рядків, шт.	2	2	2
Кількість робітників, чел.	2-4	2-4	1
Місткість бункера, т	6	6	6
Ходовий механізм	Колісний	Колісний	Колісний
Вартість агрегату, млн. грн.	9,6	13,1	26,5
Собівартість, тис. грн./т	10,5	11,3	12,1
Втрати, % /	3,1	3,0	3,0
Пошкодження, %	9,1	3,5	3,4

Представлена діаграма акцентує увагу на тому, що причіпні картоплезбиральні комбайни при нижчій ціновій категорії мають технічні параметри, що ненабагато поступаються самохідними машинами.

З метою візуального аналізу даних таблиці 1.2 побудуємо діаграму за заданими показниками.

При оцінці перевага віддається критеріям співвідношення вартості

машини, продуктивності та якості продукції, що отримується. Результати досліджень технічних параметрів картоплезбиральних машин дозволили виділити 5 основних етапів розвитку картоплезбиральної техніки, що відрізняються використанням принципово нових засобів збирання картоплі. При цьому визначено 4 перехідні періоди, які мають ознаки попереднього етапу і наступного. Кожен історичний етап і період представлений типовими на той час видами сільськогосподарського інструменту та техніки збирання картоплі. Порівняльна характеристика технічних параметрів встановила безперервні зміни у бік зменшення витрат праці та збільшення елементів роботизації. На сучасному етапі найбільш затребуваними за співвідношенням вартості машини, продуктивності та якості продукції є причіпні картоплезбиральні комбайни. Отже, нині пріоритетні перспективи розвитку та вдосконалення має причіпна картоплезбиральна техніка (комбайни) [60].

1.2 Стан картоплярства в Україні та регіонах

Картопля - це один із видів овочів, який має різнобічне застосування. По-перше, це досить цінний продукт харчування, який довгий час у народі називався "другим хлібом". Він містить у собі не лише вуглеводи, білки та жири, а й є найважливішим джерелом вітамінів та амінокислот. По-друге, важливе значення картопля має як сировину для переробної, спиртової та крохмалопаточкової промисловості. Такий продукт переробки картоплі як крохмаль широко використовується у кондитерському та ковбасному виробництві, у текстильній галузі [108]. Зростання споживання картопляних чіпсів населенням сприяло виведенню та розповсюдженню спеціальних сортів «чіпсової» картоплі.

Поточного стану та перспективи розвитку галузі картоплярства можна розглянути у розрізі наступних аспектів. Існують два ключові фактори, що впливають на обсяги виробництва картоплі – це посівні площі, що займають сільськогосподарську культуру та врожайність. Природнім чинником ефективності виробництва картоплі виступає площа її обробітку (таблиця 1.3) [61, 112, 113]. Україна має значні сільськогосподарські площі у світовому

масштабі, тому екстенсивні форми збільшення сільськогосподарського виробництва до певного періоду переважали на території країни.

Розглядаючи загальну динаміку зміни площ можна зробити висновок, що за аналізований період цей показник скорочується зокрема і становить у 2019 році до базисного періоду 80,35% та 81,28% відповідно [61]. Аналіз табличних даних показує, що незважаючи на невеликі темпи, але площа, що вирощується під картоплею, зменшується (рисунок 1.3).



Урожайність культури є інтенсивним чинником розвитку і передбачає збільшення випуску продукції одиницю використуваних ресурсів [61, 112, 113]. Вплив на інтенсивні фактори виробництва є найперспективнішим напрямом діяльності у сільському господарстві.

У досліджуваній період спостерігається нестабільний характер цього показника, оскільки його величину впливають як регульовані чинники виробництва (технологія обробітку, технічні засоби, сортність насіння та інших.), і нерегульовані чинники виробництва (кліматичні і погодні умови). Найбільша врожайність картоплі була у 2019 році.



Обсяг виробництва – важливий з економічного погляду показник розвитку підприємства. Незважаючи на стійке зниження оброблюваних площ картоплі та нестабільну врожайність, обсяги виробництва картоплі невеликими темпами все ж таки зростають. Особливо це підтверджують показники ланцюгового темпу зростання обсягу виробництва картоплі.

На збільшення врожаю картоплі впливає сукупність факторів, таких як насіннєвий матеріал, внесення мінеральних та органічних добрив, забезпеченість у картоплезбиральних машинах та ін.

Забезпеченість у картоплезбиральних машинах є одним із суттєвих критеріїв формування стабільного виробництва картоплі (таблиця 1.3) [112, 113].

1.3 Огляд досліджень та класифікація грудкоруйнівних робочих органів

Вивчення науково-дослідних робіт [5, 6, 17, 18, 23, 24, 29, 45, 51, 53, 56, 71, 77, 79, 89, 92, 100, 111] за технологіями та засобами збирання картоплі бульбоплодів дозволило зробити висновок, що кількість праць, що освячують ґрунторуйнівні робочі органи, досить і в основному це роботи ХХ століття. У сучасних умовах значення недооцінено, тому що оптимальна конструкція даного елемента сприяє руйнуванню ґрунтової кірки, зниження кількості земляних

грудок, що потрапляють на сепаратор.

Великий внесок у вивчення та вдосконалення технологій та засобів збирання бульбоплодів зробив А.В. Сибіров [43, 44, 46, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93].

Процес руйнування котками грудок у грядці досліджували Г.Д. Петров [82], А.А. Сорокін [96], Н.Г. Байбобоев [9, 10, 11], Л.П. Безрукий [12], П.К. Білевич [14], О.І. Бойка [15, 16, 17], С.М. Боричів [20], А.П. Дорохів [39, 40, 41], Т.Т. Кусов [57], Н.М. Марченко [63], Н.М. Юлдашев [101] та ін.

У своїй роботі Байбобоев Н.Г. посилається на дослідження з опресування гребенів грядки картоплі профільними котками, результати яких наведені в таблиці 1.4 [10].

Дані таблиці показують, що опорні котки ефективно руйнують ґрунтові грудки при навантаженні 3,5 кН.

У 1958 р. А.А. Сорокін, як показує Байбобоев Н.Г., досліджував процес руйнування котками грудок у грядці. У польових умовах перевіряли два типи котків: із прутковою та суцільною (із сталевого листа діаметром у середній частині – 240 мм, по краях – 340 мм) поверхнею. Як показують дослідження, котка в 2-3 рази зменшують кількість грудок, що надходять після підкопу грядок на сепаруючі органи картоплезбиральних машин [10].

Дослідженнями решітчастого котка встановлено, що в процесі роботи просвіти між прутками швидко забиваються ґрунтом і надалі протікає, як у котків з суцільною поверхнею.

При використанні котків на ґрунтах різної вологості з'ясувалося, що при підвищеній вологості ґрунту доцільно працювати без котків, щоб не ущільнювати грядки.

Котки встановлюють перед лемешами, що підкопують; шарнірно підвішені на коромислі до рами, вони добре підтримують глибину копання та руйнують ґрунтові грудки.

Результати порівняльних випробувань у 1953-1963 роках. комбайна КГП-2

(з комкоруйнівними котками) з кращими заґрніжними зразками показали, що за повнотою прибирання та чистотою КГП-2 перевершує їх [10]. Проте комбайн КГП-2 виявився непрацездатним на ґрунтах підвищеної вологості, що стало наслідком ущільнення ґрунту комкоруйнівними котками.

Щоб усунути ці недоліки, з 1955 до 1965 р.р. у різних спеціалізованих організаціях було розроблено й апробовано кілька зразків комкоруйнівних копіювальних котків (рисунок 1.5).

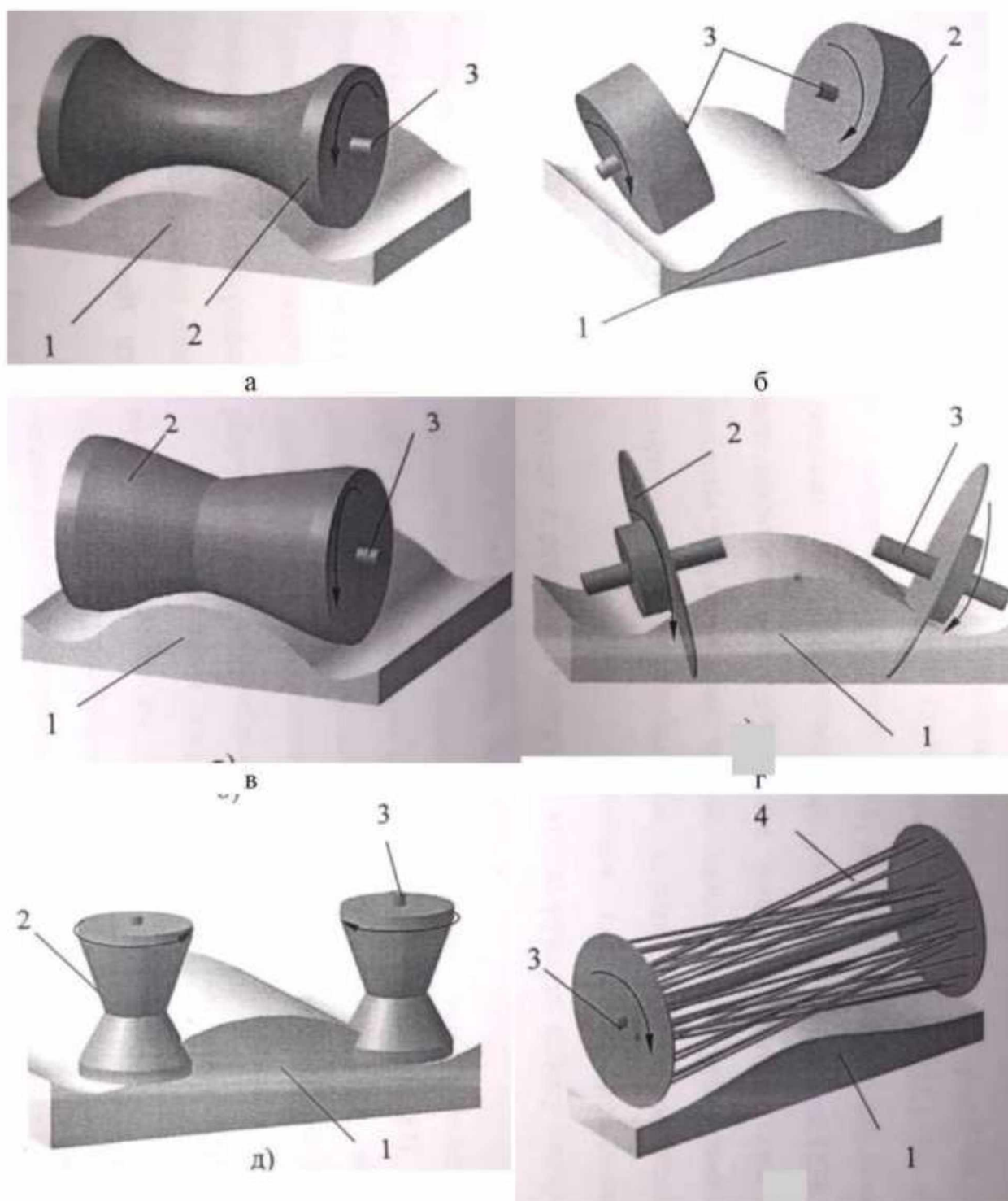


Рисунок 1.5 - Класифікація грудко руйнівних копіюючих котків: а - вогнутий; б - циліндричний; в - з двох конусів; г - катки; д - с боковим обтисканням; е – прутковий каток. 1 - грядка; 2 - каток; 3 - вісь катка; 4 - прутки.

Дослідження, проведені у ВІСХОМІ циліндричних пресуючих котків показали, що руйнування ґрунтового пласта картопляної грядки методом

двостороннього опресовування циліндричними котками не забезпечує його достатнього кришення, особливо в нижніх шарах грядки. Крім того, циліндричні котка часто звантажують ґрунт, що робить їх малопрацездатними [10].

Катковий лемеш одночасно з підкопуванням опресовує грядки з фігурними гладкими обідками і діючи на них, піддає бульбоносний пласт руйнуванню. Основний недолік котка такого типу - великий відсоток пошкоджень бульб (до 14%), що пояснюється труднощами водіння коткового лемеша по рядку.

Дослідження котка, що складається з двох усічених конусів з жорстким кріпленням на валу вільно, а також катків бічного обтиснення проводилися А. П. Дороховим [40, 41]. Виявлено, що завдяки застосуванню передніх котків з найменшим відхиленням від курсу при копіюванні рельєфу поля кількість маси, що надходить, зменшується на 10%, а у катків бокового обтиснення, забезпечених лемішами - до 20%. До недоліків робочих органів такого типу слід віднести ущільнення грядки при підвищенні вологості ґрунту та його завантаженні.

Відомі котки з примусовим приводом і гратчастою бічною поверхнею, пневматичні двосекційні, що мають форму усіченого конуса, зверненого меншою основою вниз і утвореного з ряду пневматичних балонів, встановлених на одному валу і мають жорсткість, що збільшується в напрямку від більшої основи до меншого [101].

Відомі роботи з котках носять переважно експериментальний характер.

Наприкінці 80-х років було оформлено кілька авторських свідоцтв на копіювальний каток картоплезбиральної машини [1, 2, 3].

Аналізуючи роботи авторів можна скласти таку класифікаційну схему опорних котків [19, 22, 52, 70, 72, 79, 84, 95, 99, 105] (рисунок 1.6). Науковим обґрунтуванням застосування опорних котків зайнявся Н.Г. Байбобоев [9, 10, 11], дослідження якого заклали фундаментальну основу на підтвердження доцільності та необхідності вдосконалення комкоруйнівних робочих органів картоплезбиральних машин.

Багаторічними дослідженнями авторів встановлено, що в умовах

нормальної та зниженої вологості ґрунтів більш ефективна конструкція передньої частини комбайна з копіювальними грядками комкоруйнівними котками.



Рисунок 1.6 – Класифікаційна схема опорних котків

Першорядними завданнями при механізованому збиранні картоплі є: забезпечення високого ступеня сепарації (відділення) грудок ґрунту від бульб картоплі, зниження її втрат та пошкоджень.

Сучасні технології та системи робочих органів, що застосовуються при збиранні картоплі, становлять єдиний процес та постійно вдосконалюються. Обґрунтування оптимальних параметрів робочих органів та режимів роботи машин для збирання картоплі та інших бульбоплодів досить повно викладено у роботах [13, 26, 54, 55, 56, 73, 76, 81, 104, 106].

В даний час промисловістю випускається велика кількість картоплезбиральних комбайнів самохідного та причіпного типу. В даний час основними виробниками картоплезбиральної техніки є такі країни як Німеччина, Росія, Польща, Бельгія, Білорусія.

Великий вибір картоплезбиральної техніки надає німецький виробник

GRIMME . Це картоплекопачі (WH 200 (навісний), WR 200 (причіпний), причіпні картоплезбиральні комбайни (SE 75 -20, SE 140, SE 75-55, SE 260, SE 150-60, EVO 280, EVO 290, SV 260 (з бічним підкопом), GT 170, GT 300 (з центральним підкопом безбункерні із застосуванням перевантажувальної техніки), самохідні збиральні машини (VARITRON 220 PLATINUM TERRA TRAC (перевантажувальний бункер, гусеничний ходовий механізм), VARITRON 270 PLATINUM , VARITRON 270 PLATINUM TERRA TRAC (гусеничний ходовий механізм) [75].

На світовому ринку картоплезбиральної техніки Білорусь представляє Холдинг «Гомсельмаш», який має багатопрофільне інноваційне виробництво сільськогосподарської техніки.

1.4 Мета та завдання дослідження

Виконаний огляд та аналіз літературних джерел показав, що на сучасному розвитку картоплезбиральної техніки існують обмежену кількість видів застосовуваних опорних котків.

Мета досліджень - руйнування грудок та покращення сепарації в картоплезбиральній машині.

Відповідно до поставленої мети були сформульовані завдання досліджень:

- провести аналіз досліджень застосування котків на картоплезбиральній машині;
- теоретично обґрунтувати параметри котка картоплезбиральної машини;
- експериментально уточнити параметри котка картоплезбиральної машини;
- дослідити в польових умовах роботу картоплезбиральної машини з удосконаленим котком;
- оцінити техніко-економічний ефект впровадження вдосконаленої котка картоплезбиральної машини.

1.5 Висновки за розділом 1

В результаті виконаної роботи можна зробити висновки:

1. Картоплезбиральні машини безперервно змінюються у бік зменшення витрат людської праці та збільшення кількості автоматизованих процесів, що супроводжуються комбінуванням технічних засобів.

2. Вивчення двох ключових факторів виробництва картоплі (посівні площі та врожайність), а також детермінований факторний метод аналізу мультиплікативної моделі валового збору показали перспективність використання високопродуктивних сортів, впровадження інтенсивних технологій вирощування картоплі, у тому числі сучасних та вдосконалених технічних засобів за її використання.

3. Проведений аналіз відомих науково-технічних джерел продемонстрував наявність достатньої кількості праць, присвячених опорним або копіювальним котком картоплезбиральних машин.

4. Встановлено, що опорні котки картоплезбиральної машини виконують поставлені завдання, тому слід продовжити їх модернізацію.

2 МЕТОДИКА Й ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Конструкційно-технологічна схема котка

Механізована обробка ґрунту на етапі збирання картоплі має сильну залежність від типу ґрунту, так на суглинних ґрунтах в умовах зниженої вологості відбувається утворення ґрунтової кірки і як результат формування грудок (агрегатів), розмір яких досягає розмірів бульб. Як правило, подібні агрегати в процесі сепарації не відсортуються, тому можливе їх попадання на перебірні столи і далі в бункер. У зв'язку з цим підвищується значущість руйнування ґрунтових агрегатів саме у процесі збирання картоплі комбайнами [28, 29].

Робочим органом, що руйнує ґрунтову кірку та грудки, є опорний коток. З метою покращення результативності роботи опорного котка нами передбачено їх удосконалення шляхом встановлення кілець на циліндричну частину [21].

Коток опорний картоплезбирального комбайна виконаний у вигляді барабана, звареного з двох порожнистих усічених конусів і циліндричної частини між ними. На циліндричній частині у вигляді барабана закріплені кільця, виконані з напівкілець. Кожний коток забезпечений чистиками та закріплена на боковинах з підшипниковими опорами. Кожний коток кріпиться до рами за допомогою кронштейнів. Між кронштейном і шарнірною рамкою встановлено гвинтовий механізм, з рукояткою.

Коток дозволяє точно і легко регулювати глибину підкопування бульбоносного пласта лемешами і утримує задану глибину викопування [78].

Під час руху картоплезбиральної машини по полю котки дозволяють зберігати задану глибину підкопування бульб і руйнують ґрунтову кірку та грудки в грядці.

Механізм зв'язку рухомої рами з основною рамою комбайна забезпечує копіювання рельєфу ґрунту в поперечному та поздовжньому напрямках.

Призначення опорних котків - це регулювання та утримання заданої глибини підкопування бульбоносного пласта, копіювання грядки з метою

забезпечення попереднього кришення поверхневої кірки та грудок ґрунту та руйнування зв'язку бульб із землею усередині грядки.

Кожен копіювальний каток виконаний у вигляді барабана, пов'язаного з двох порожнистих усічених конусів та циліндричної частини між ними. Обидва котки закріплені на одному валу, пов'язаному з рухомою рамою двома механізмами для регулювання глибини викопування, кожен з яких виконаний у вигляді телескопічно зв'язаних стійок, з'єднаних гвинтовою парою, що має робочу рукоятку.

Для регулювання глибини підкопування на рухомих стійках опорних котків завдано ризиків. Ризики означають величину підкопування бульб з урахуванням середньої величини деформації грядки (від тиску на неї секції, що підкопує) і додаткової величини заглиблення, з метою виключення підрізання бульб.

Регулювання глибини проводиться шляхом зміни відстані між двома опорними котками і лемешами за допомогою гвинтових пар, закріплених на рамі елеватора.

Рекомендується ручки гвинтових пар обертати одночасно або по черзі за кілька прийомів, що знижує зусилля.

Однак при роботі комбайна гвинтовий механізм кородує, і встановити сошники на необхідну глибину підкопування проблематично.

Зайва глибина підкопування бульбоносного пласта лемешами погіршує якість роботи комбайна та перевантажує робочі органи. Установка глибини на 1 см більше означає, що з гектара доводиться піднімати приблизно 70 т ґрунту більше. Тому потрібний механізм регулювання глибини підкопування.

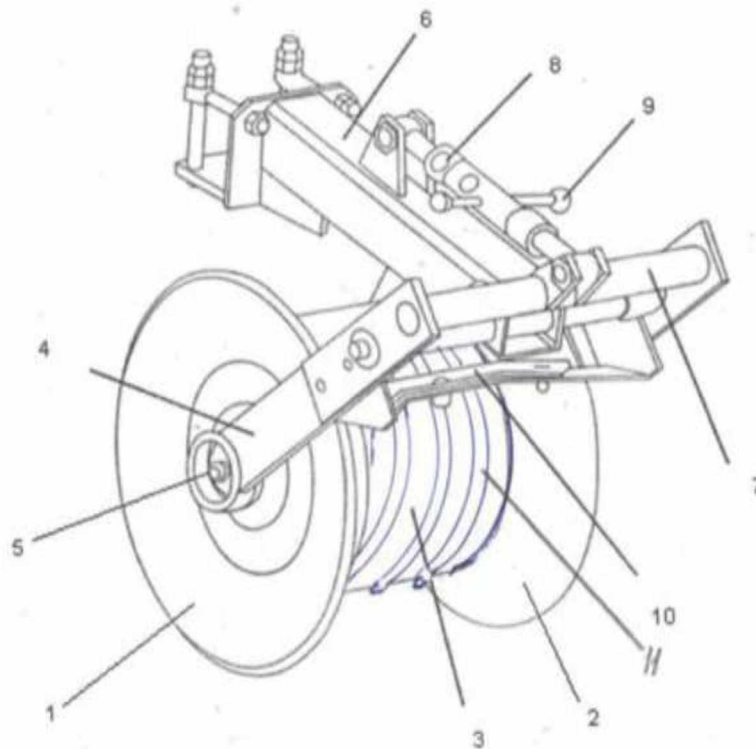


Рисунок 2.1 - Каток опорний картоплезбирального комбайна ККР-2 (модернізований) [78]

На рисунках 2.1 та 2.2 схематично зображено каток опорний картоплезбирального комбайна.

Кожен каток опорний картоплезбирального комбайна виконаний у вигляді барабана, звареного з двох порожнистих усічених конусів 1 і 2 і циліндричної частини у вигляді барабана 3 між ними. Каток опорний закріплений на боковинах 4 з підшипниковими опорами 5. Кожен каток опорний кріпиться до рами (рама не показана) за допомогою кронштейна 6. Між кронштейном 6 і шарнірною рамкою 7 встановлений механізм 8. Механізм 8 забезпечений рукояткою 9. На циліндричній частині у вигляді барабана 3 (рис. 1, 2) закріплені кільця 11, що складається з півкільць 12 і 13. Півкільця 12 і 13, що утворюють кільця 11, закріплені на циліндричній частині у вигляді барабана 3 гвинтами 14 і 15.

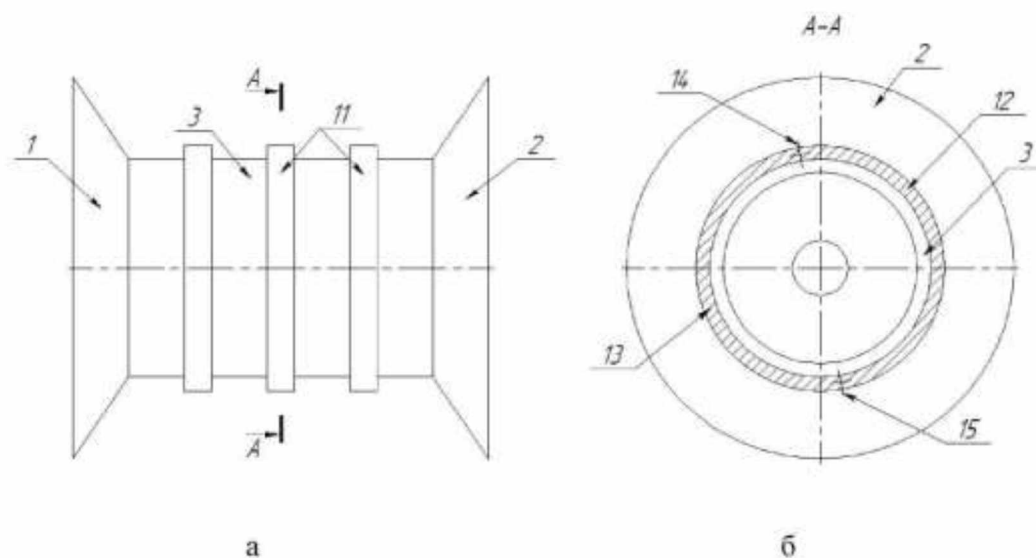


Рисунок 2.2 - а. Каток опорний картоплезбирального комбайна ККР-2 (модернізований) вид попереду; б - розріз А-А катка опорного [78]

При роботі картоплезбирального комбайна два порожнистих усічених конусів 1 і 2 обжимають бульбоносний пласт і циліндричною частиною у вигляді барабана 3 руйнують ґрунтові грудки. При цьому каток опорний закріплений на боковинах 4 з підшипниковими опорами 5 обертається. Рукояткою 9 механізму 8, встановленого між кронштейном 6 і шарнірною рамкою 7 регулюється глибина підкопування бульбоносного пласта лемешами (лемеші не показані). Ґрунт, який налипає на циліндричну частину у вигляді барабана 3 і усічені конуса 1 і 2, видаляються чистиками 10. Механізмом 8, забезпеченим рукояткою 9, регулюється глибина підкопування бульбоносного пласта. Механізмом 8, встановленим між кронштейном 6 та шарнірною рамкою 7 майже горизонтально легко регулюється рукояткою 9 точна глибина підкопування бульбоносного пласта. Кільця 11, утворені півкільцями 12 і 13, руйнують ґрунтову кірку бульбоносного пласта.

Каток опорний дозволяє точно і легко регулювати глибину підкопування бульбоносного пласта лемешами і утримує задану глибину. викопування, руйнує ґрунтову кірку та підвищує ефективність сепарації ґрунту на пруткових елеваторах.

2.2 Основні теоретичні передумови досліджень

Ефективність роботи серійних картоплезбиральних машин залежить не тільки від їх конструктивних особливостей, а й від ґрунтово-кліматичних умов. Вивченню фізико-механічних властивостей ґрунту, що впливають на працездатність картоплезбиральних машин, присвячено багато дослідження [97, 98].

Неодноразово авторами-дослідниками проводилися експерименти, які встановлювали залежність продуктивності картоплезбиральних машин від агрокліматичних та ґрунтових умов [31]. У результаті отримані результати, встановлюють те, що у процес сепарації найбільше впливають вигляд ґрунту, його механічний склад і вологість.

Від цих факторів залежать такі властивості ґрунту, які визначають процес його сепарації: пластичність, липкість та міцність грудок. На ефективність сепарації істотно впливають також щільність ґрунтового пласта, коефіцієнт тертя ґрунту по металу, швидкість переміщення пласта по лемешах, решетах та інших поверхнях.

Н.Г. Байбобоев, посилаючись на дані Н.М. Кандаулова вказує, що при знаходженні досвідченим шляхом статистичної міцності грудок на картопляному полі профіль картопляної грядки по зв'язності умовно поділено на такі зони:

1. Коркова зона товщиною 10-15 мм, що руйнують зусилля для ґрунтових зразків 7,86 - 10,78 Н (0,7-10 кг).
2. Пухкий шар, розташований по всьому периметру під кормовою зоною; руйнується при слабкому дотику.
3. Перехідна зона, що руйнує зусилля для ґрунтових зразків 2,94 - 4,9 Н (2,9-4,9 кг). У зону входить орний шар, розпушений при боронуванні і не схильний до деформації від тракторних коліс.
4. Щільна зона (розташована з боків грядки), що руйнують зусилля для зразків 3,88-13,72 Н (0,6-1,4 кг), максимальне зусилля $P_{\max} \sim 2,7 \dots 27,46$ Н (2,7-27 кг).

5. Зона міжрядь. Зусилля, необхідні для руйнування ґрунтових зразків 7,86-9,8 Н, $P_{\max} = 10,78 \text{ Н (10 кг)}$.

6. Зона найбільшої густини. Сюди входять нижні шари ґрядки. Руйнівні зусилля зразків 12,7 Н - 24,5 Н, $P_{\max} = 49...58,8 \text{ Н (5-6 кг)}$ [10].

2.3 Аналіз сил, що діють на каток картоплезбиральної машини

Проведемо теоретичний аналіз взаємодії котка з ґрунтом з урахуванням встановлених кілець, що руйнують ґрунтову корку бульбоносного пласта. Для аналізу використовуватимемо розрахункову схему, показану рисунку 2.3 прийняту у роботі.

Як показують дослідження зусилля, яке необхідно докласти до центру котка для його рівномірного кочення, з урахуванням сил тертя визначається за такою формулою:

$$P = 2kBr^2(1 - \cos\theta_{\max})^2 = 2kh^2B, \quad (2.1)$$

де B -ширина котка; h - глибина колії; m

Θ -максимальний кут контакту котка з ґрунтом по всій глибині колії

r - радіус котка; m

k - коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту, Н/м

Крім зусилля P на ковзанку діє і вертикальне навантаження Q також визначено з урахуванням сил тертя за формулою.

$$Q = kBr^2(1 - \cos\theta_{\max})\sin\theta_{\max} = kBh\sqrt{2rh - h^2}, \quad (2.2)$$

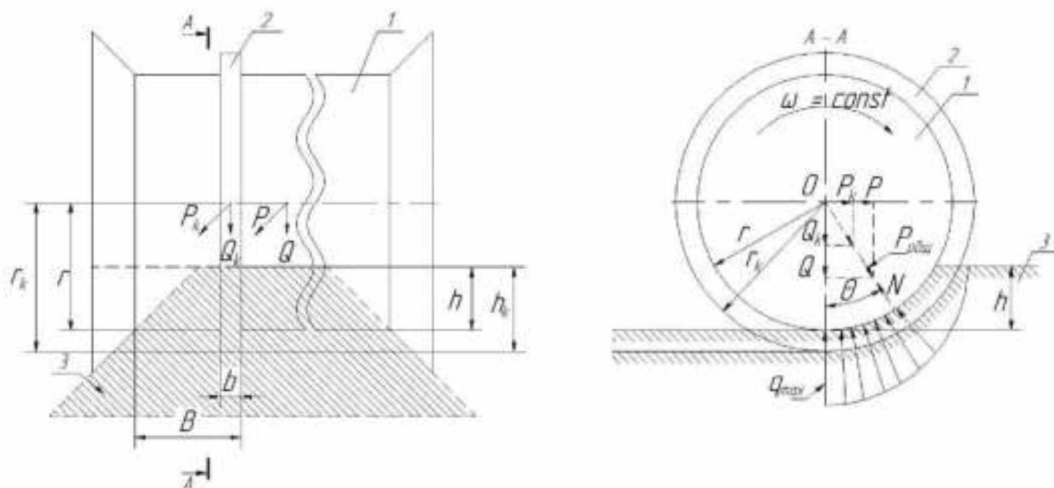


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема котка на ґрунті: 1 – циліндрична частина; 2 – кільце; 3 - ґрунтовий канал Q - Вертикальне зусилля; Q_{до} - вертикальне зусилля кільця котки; P – горизонтальне зусилля; P_к – горизонтальне зусилля кільця котка; P_{заг} - загальне зусилля котка на ґрунт; N - сила нормального тиску ґрунту; r – радіус котка; r_к - радіус котка з кільцем; кільця; h - глибина колії, h_к - глибина колії від котка з кільцем; θ - кут застосування навантаження; q_{max} - Питоме навантаження; ω - кутова швидкість

Установка кілець на опорну опору, дозволяє розбити його поверхню на окремі секції, відповідно на кожну секцію буде припадати зусилля, що визначається за формулами (2.1) та (2.2)

Тоді загальне зусилля, що діє на опорну ковзанку, можна визначити:

$$P = \sum_{i=1}^n 2kh^2 B_i, \quad (2.3)$$

де n – кількість секцій; шт.

B_j - ширина j -ї секції, м

Вертикальне навантаження:

$$Q = \sum_{i=1}^m i = \sum_{i=1}^n kB_i h \sqrt{2rh - h^2} \quad (2.4)$$

$$P_k = \sum_{i=1}^m P_{ki} = \sum_{i=1}^m 2k b_i r_i^2 (1 - \cos \theta_{max})^2 = \sum_{i=1}^m 2k h_i^2 b_i \quad (2.5)$$

де m -кількість кілець, шт

h_j -глибина кілець, з урахуванням кільця, m і r - радіус кільця, m b_i - ширина кільця, m

$$Q_k = \sum_{i=1}^m Q_{ki} = \sum_{i=1}^m k b_i r_i^2 (1 - \cos \theta_{max}) \sin \theta_{max} = k b_i h_i \sqrt{2r_i h_i - h_i^2} \quad (2.6)$$

$$P_{сум} = 2kh^2(1 + \alpha^2)(m + 1)B_i(1 + \beta) \quad (2.8)$$

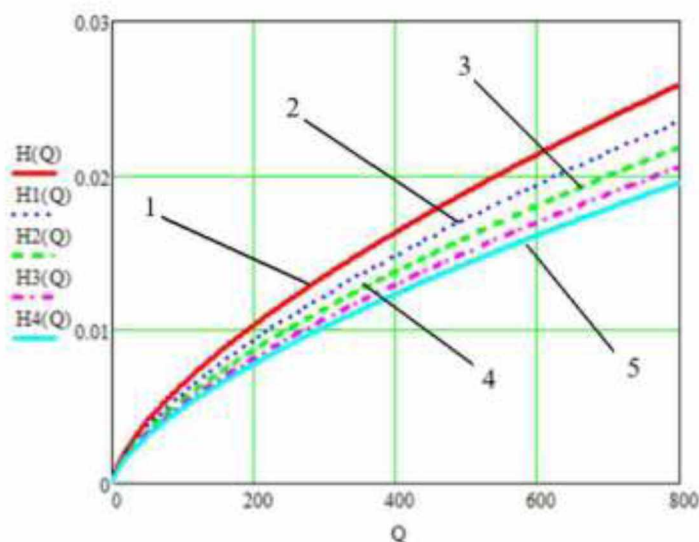
$$\text{где } \alpha = \frac{h_i}{h} \quad \beta = \frac{b_i}{B_i}$$

Також встановлення кількості кілець збільшує кількість секцій на одиницю, наведемо всі параметри до однієї величини, розділивши залежність (2.7)

На підставі формули 2.10 у програмі MathCAD проведемо дослідження глибини колії котка від вертикального зусилля та кількості встановлених кілець (рисунок 2.4).

$$Q_{сум} = Q + Q_n = \sum_{i=1}^n Q_i + \sum_{i=1}^m Q_{ki} = \sum_{i=1}^n k B_i h \sqrt{2rh - h^2} + \sum_{i=1}^m k b_i h_i \sqrt{2r_i h_i - h_i^2} = kh \sqrt{2rh - h^2} (\gamma + 1) (m + 1) B_i (1 + \beta) \quad (2.9)$$

$$\text{где } \gamma = \frac{h_i \sqrt{2r_i h_i - h_i^2}}{h \sqrt{2rh - h^2}}$$



- 1 - кількість кілець на ковзанці 2; 2 - кількість кілець на ковзанці 3;
 3 - кількість кілець на ковзанці 4; 4 - кількість кілець на ковзанці 5;
 5 - кількість кілець на ковзанці 6

Рисунок 2.4 - Залежність глибини колії котка від вертикального зусилля та кількості встановлених кілець

Аналіз залежності показує, що зі збільшенням навантаження на коток та зменшенням кількості кілець на котку збільшується колія (вдавлювання котка в ґрунт) та вплив на ґрунтову кірку. Враховуючи, що глибина залягання верхніх бульб становить близько 0,02 м, кількість кілець на котку має бути не менше 3 з умови непошкодження бульб картоплі.

Графік отримано за наступних значень: $\rho_0 = 5000000$, Н/м³; $B = 0,02$ м; $D = 0,4$ м; $m_1 = 3$, прим; $m_2 = 4$, прим; $m_3 = 5$, прим; $m_4 = 6$, прим; $E = 1,05$; $P = 0,5$.

$$H_1(Q) = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{k^2 \cdot B^2 \cdot (1 + \beta) \cdot D \cdot (1 + \varepsilon) \cdot (m_1 + 1)}}$$

$$H_2(Q) = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{k^2 \cdot B^2 \cdot (1 + \beta) \cdot D \cdot (1 + \varepsilon) \cdot (m_2 + 1)}}$$

$$H_3(Q) = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{k^2 \cdot B^2 \cdot (1 + \beta) \cdot D \cdot (1 + \varepsilon) \cdot (m_3 + 1)}}$$

$$H_4(Q) = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{k^2 \cdot B^2 \cdot (1 + \beta) \cdot D \cdot (1 + \varepsilon) \cdot (m_4 + 1)}}$$

Б) тяговое усилие:

$$P = 2 \sqrt[3]{\frac{Q^4}{k B (1 + \beta) D^2 (1 + \varepsilon) (m + 1)}} \quad (2.11)$$

В) количество установленных колец:

$$m = n - 1 = \frac{8 P^3 k B (1 + \beta) D^2 (1 + \varepsilon)}{Q^4} - 1 \quad (2.12)$$

Формула (2.10) виражає залежність між навантаженням та деформацією ґрунту (глибини колії) та враховує параметри робочого органу та фізико - механічних властивостей ґрунту. Формула (2.12) встановлює залежності між

навантаженням, геометричними параметрами конструкції та фізико-механічними властивостями ґрунту [62].

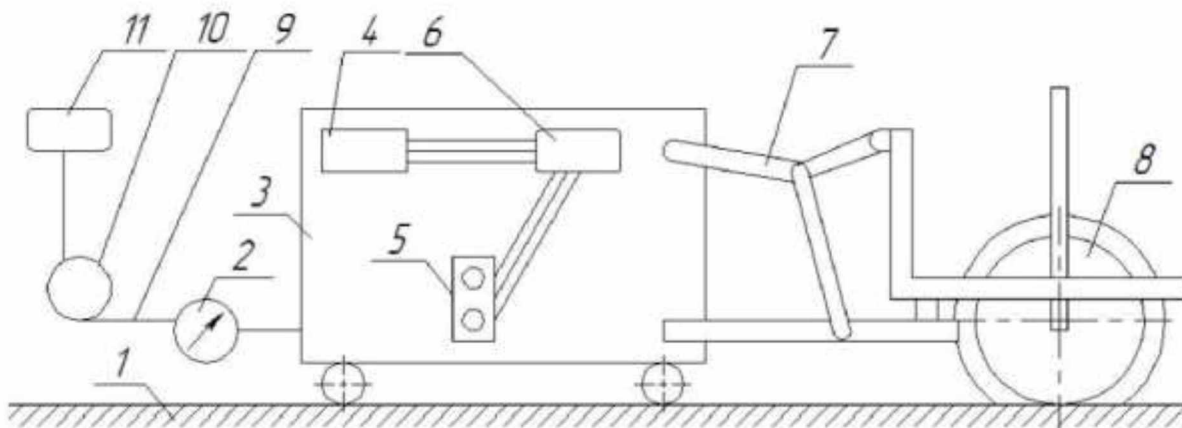
2.4 Програма лабораторних досліджень котка картоплезбиральної машини

З метою оцінки показників ушкоджуваності картоплі та ефективності кришення ґрунту при роботі вдосконаленого комкоруйнуючого робочого органу - опорного котка, виконаного у вигляді барабана, пов'язаного з двох порожнистих усічених конусів та циліндричної частини між ними була розроблена програма лабораторних випробувань, що складається з 3 (трьох)

1. Проведення повнофакторного експерименту серійної опорної котка.
2. Проведення повнофакторного експерименту вдосконаленої опорної котка - на циліндричній частині у вигляді барабана закріплені кільця, виконані з напівкільця.
3. Аналіз результатів досліджень, оцінка кількісних показників зруйнованих грудок ґрунту, пошкоджень бульб після дії серійного та модернізованого робочого органу.

2.5 Установа та апаратура для проведення лабораторних досліджень

Експериментальна установка на ґрунтовому каналі (1) дозволяє зімітувати деякі процеси роботи картоплезбирального комбайна ККР - 2, конкретніше



процес проходження опорної котка (8). Коток прикріплена до візка (3) за допомогою навішування (7), що знаходиться перед ним. У рух візок наводиться за допомогою лебідки (10) та троса (9), на якому кріпиться динамометр (2). Електродвигун (6) приводить у рух лебідку.



1 – ґрунтовий канал; 2 – тяговий динамометр; 3 - рухомий візок; 4 - прилад визначення витрат потужності; 5 – магнітний пускач; 6 – електродвигун; 7 - навішування; 8 – коток, 9 – трос; 10 - лебідка; 11 - електродвигун. 1 – ґрунтовий канал; 2 – тяговий динамометр; 3 - рухомий візок; 4 - навішування; 5 – коток.

Рисунок 2.6 – Загальний вид лабораторної установки

Перед оцінкою ступеня пошкодження бульб картоплі та ефективності кришення ґрунту визначали:

- твердість (щільність) ґрунту до проходження опорної котка, після та з боків на різній глибині. Використовувався твердоміра Ю.Ю. Ревякіна, який дозволяє зняти інформацію про стан ґрунту за твердістю;
- вологість ґрунту на глибині 5см, 10см, 15см, 20см по центру гребеня картопляної грядки. Визначення вологості ґрунту здійснювалося ваговим способом.

2.6 Методика експериментальних досліджень процесу та обробки досвідчених даних

Дослідження взаємодії копіювальної котка з ґрунтом проводили згідно з ГОСТ 24055-2016 «Методи експлуатаційно-технологічної оцінки» та іншим нормативним документам [33, 34, 35, 36, 38]. Досвідчений зразок опорного котка випробовувався в різних швидкісних режимах і з кількістю і висотою кілець, що змінюється. Результати експерименту підтверджують теоретичні результати. Розбіжність між ними не перевищує 5%.

Мета цієї роботи - отримати математичну модель впливу комкоруйнівної котка на ефективність сепарації ґрунту на елеваторі з урахуванням пошкодження бульб картоплі, яку можна було б застосовувати для вибору технологічних та конструктивних параметрів комкоруйнівного робочого органу та користуватися нею для прогнозування ефективності сепарації ґрунтів.

План експерименту задається як матриці планування.

У процесі лабораторного експерименту вплив опорної котка на процес ефективності сепарації розглядався з урахуванням трьох факторів:

X_1 - швидкість руху агрегату, км/год (V);

X_2 – кількість кілець на ковзанці, шт. (n);

X_3 - висота кільця, мм (h).

Рівні та інтервали варіювання факторів експерименту наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Рівні та інтервали варіювання факторів

Для обробки результатів дослідження проводиться перетворення керованих змінних (враховуються в експерименті фактори X_i) до безрозмірних величин за формулою:

$$x_i = \frac{X_i - X_{i0}}{s}$$

де X - кодоване значення i -ого фактора;

X_{i0} - натуральне значення i -ого фактора на нульовому рівні;

s – натуральне значення інтервалу варіювання фактора;

X_i - Текуче натуральне значення i -ого фактора »[11].

Удосконалені параметри опорної котка повинні характеризуватись ефективністю сепарації Y та пошкодженнями бульб Y . Приймаємо, що підвищення чистоти картопляного вороху на елеваторі комбайна має сепаруватися щонайменше 79% ґрунту, за умови пошкодження бульб не більше 1,3 % від загальної маси.

Виконання цих двох умов було досягнуто завдяки оптимальному вибору швидкості руху агрегату X_1 , кількості кілець на ковзанці X_2 і висоті кільця X_3 , що істотно впливають на обрані показники.

Постановка завдання здійснюється так:

- побудувати математичні моделі пошкоджень картоплі Y^1 та ефективності сепарації Y у вигляді рівнянь регресії від незалежних змінних: швидкість руху агрегату X_1 , кількість кілець на ковзанці X_2 та висота кільця X_3 , тобто - за математичними моделями визначити оптимальні значення незалежних змінних X_1, X_2, X_3 , що забезпечують максимум Y при $Y < 1,3\%$ [11].

Розв'язання поставленого завдання здійснюється повним факторним експериментом, в якому реалізуються всі можливі комбінації рівнів, що не повторюються. незалежних керованих факторів, кожен із яких варіюють на двох рівнях. І тут враховується впливом геть функцію відгуку досліджуваного процесу як кожного аналізованого в експерименті чинника окремо, а й їх взаємодій [65].

При варіюванні кожним із трьох факторів ($k=3$) на двох рівнях кількість дослідів N становитиме $N = 2^3 = 8$. У цьому випадку дослідні точки розташовуються у вершинах куба, центр якого знаходиться на початку координат (0,0,0) (рис. 2.3).

Обробка підсумкових даних повнофакторного експерименту передбачає наступний порядок дій:

$$S_{\epsilon}^2 = \sum_{i=1}^n (Y_{\epsilon i} - \bar{Y}_{\epsilon})^2 / (n - 1)$$

1. Оцінюються дисперсії середнього арифметичного у кожному рядку матриці за формулою:

$$G = \max S_{\varepsilon}^2 / \sum_{\varepsilon=1}^N S_{\varepsilon}^2$$

2. Перевіряються однорідності дисперсій за допомогою критерію Кохрена.

Знайдене за формулою (3.6.) найбільше експериментальне значення G порівнюють з критичним (табличним) його значенням. Якщо $G < G^*$, то «підозріле» максимальне значення мінливості не є «стороннім», а є результатом випадкового розсіювання досліджуваної функції відгуку, тобто експерименти відтворюються і їх результати можна використовувати для оцінки коефіцієнтів регресії

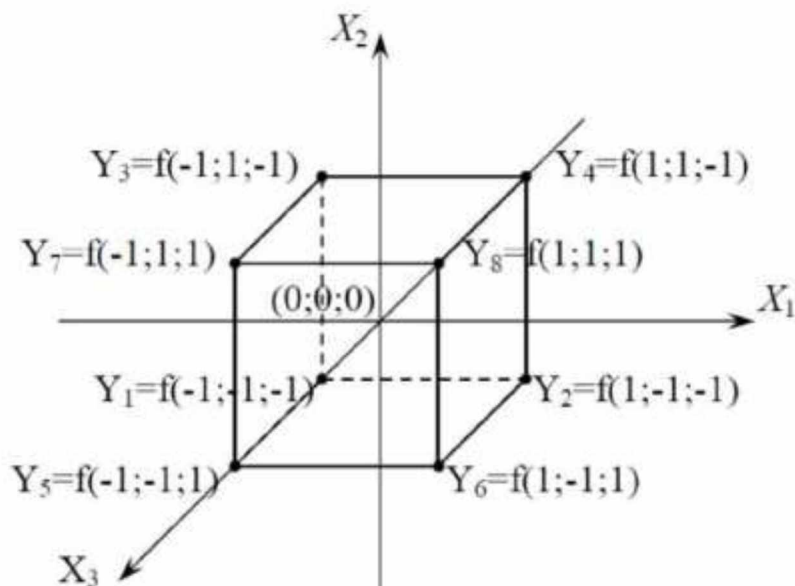


Рисунок 2.3 - Розташування експериментальних точок у плані, що відповідає поліному 1-го порядку для трьох незалежних змінних.

2.7 Висновки за розділом 2

1. При механізованому збиранні картоплі утворюються ґрунтові грудки порівняні з розмірами бульб. Такі грудки не відсіюються під час сепарації, далі потрапляють на перебірні столи, ускладнюючи роботу сортувальником і потім у бункер, знижуючи чистоту картоплі в бункері.

2. Удосконалені копіюючі котки призначені для регулювання та утримання заданої глибини викопування, а також для обтиснення грядки з метою забезпечення попереднього руйнування поверхневих грудок ґрунту та зв'язку бульб із землею всередині грядки. Теоретичними дослідженнями встановлено залежність між навантаженням та деформацією ґрунту (глибини колії) з урахуванням геометричних параметрів робочого органу та фізико-механічних властивостей ґрунту.

3. Аналіз залежності показує, що зі збільшенням навантаження на коток та зменшенням кількості кілець на котку збільшуються колія (вдавлювання котка в ґрунт) та вплив на грудки. Кількість кілець на котку має бути не менше 3 з умови непошкодження бульб картоплі.

4. Розроблено програму лабораторних досліджень опорної котка картоплезбиральної машини.

5. Отримано математичну модель впливу модернізованого опорного котка на ефективність сепарації ґрунту на елеваторі з урахуванням пошкодження бульб картоплі.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Результати лабораторних досліджень

Метою проведення експерименту є забезпечення мінімального впливу довільних параметрів досліджуваного процесу на функцію відгуку. Для того щоб знизити вплив даних параметрів на остаточний результат експерименту будемо виконувати два паралельних досвіду при одних і тих же умовах, передбачених відповідним рядком матриці планування [24]. Матриця планування та результати повнофакторного експерименту проведеного першому етапі представлені у таблицях 3.2, 3.3.

Відповідно до матриці центрального композиційного планування експеримент був проведений з 2-кратною повторністю. Паралельні досліді мають бути проаналізовані на наявність помилок. Для виключення хибних дослідів використовуються спеціальні методи математичної статистики.

Відповідно до матриці центрального композиційного планування експеримент був проведений з 2-кратною повторністю. Паралельні досліді мають бути проаналізовані на наявність гтрних помилок. Для виключення хибних дослідів використовуються спеціальні методи математичної статистики.

Дисперсія визначає розкид експериментальних значень, отже, служить мірою точності. При проведенні дослідів було зроблено кілька вимірів однієї й тієї ж величини, в даному випадку пошкодження картоплі та ефективності сепарації, дисперсія може дати уявлення про точність вироблених вимірів. Проведення дисперсійного аналізу було здійснено з використанням аналізу даних, результати якого по пошкодженню картоплі представлені в таблиці 3.4 по ефективності сепарації представлені в таблиці 3.5.

Слід зазначити, що міжгруповий розкид результатів досвіду 0,0733 вище за величину внутрішньогрупового варіювання 0,0255. Сумарна дисперсія відтворюваності дає оцінку середньої точності всього експерименту та становить

0,025. Таким чином, помилка або точність методу, визначена за поточними вимірюваннями дорівнює **0,025 = 0,1581**. F -критерій Фішера 2,8771 не перевищує величину F -критичне, що вказує на закономірність відмінностей між групами. P -значення становить 0,0809, так як значення показника досить мало, то відхилення між групами має не випадковий характер.

Найбільше значення дисперсії досвідчених значень функції відгуку становило 0,0392. Це відповідає умовам проведення експерименту, встановленим 3-му номеру досвіду.

Далі підрахуємо за формулою (3.5) значення критерію Кохрена для перевірки відтворюваності експерименту.

$$G = S^2_{z_{max}} / \sum_{z=1}^N S_z^2 = 0,0392/0,20385=0,192298259$$

Дисперсії дослідних значень функції відгуку (пошкодження картоплі) у їх середніх значень у кожному рядку матриці розраховані. Найбільше її значення (0,00125) відповідає умовам проведення експерименту, встановленим 1 та 4-му номеру досвіду.

Таблиця 3.5 – Результати дисперсійного аналізу за відсотком ефективності сепарації

Далі підрахуємо за формулою (3.5) значення критерію Кохрена з метою

$$G = S^2_{z_{max}} / \sum_{z=1}^N S_z^2 = 0,00125/0,00565=0,2212.$$

перевірки відтворюваності експерименту

Критичне його значення, для $\alpha=0,10$ при $n=2$ (по стовпцю) і $N=8$ (по рядку), дорівнює $G^{\wedge}=0,57$. Оскільки $G < G^{\wedge}$, отже експеримент відтворюємо. Реалізація досвіду з матриці планування здійснювалася з використанням програмного забезпечення Microsoft Excel. Використання у надбудові Аналіз даних

інструменту аналізу Регресія дозволила обчислити коефіцієнти регресії, розрахункові значення яких представлені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Розрахункові значення коефіцієнтів регресії

Коефіцієнти передбачуваної моделі досліджуваного процесу, оцінюємо їх значущість за допомогою критерію Стюдента, попередньо розрахувавши значення t-параметра за формулою (3.7) для кожного коефіцієнта та відповідної дисперсії помилки визначення цього коефіцієнта [58].

Визначимо критичне значення t-параметра по таблиці для $v = N (n - 1) = 8$ і $\alpha = 0,10$; $p = 1,86$. З порівняння знайденого значення \hat{p} з відповідними значеннями t-параметрів, можна стверджувати з упевненістю в нашій правоті у 9 випадках із 10, що для Y^1 коефіцієнти $B_1, B_{12}, B_{13}, B_{23}, B_{123}$ є незначними, для Y коефіцієнти $B_1, B_{12}, B_{13}, B_{123}$ є незначними. Допустимо, виходячи з конкретних умов роботи необхідно забезпечити рівень пошкодження картоплі не більше ніж 1,3%. У цьому випадку ефектом взаємодії факторів, що враховуються в експерименті, можна знехтувати і уточнена імітаційна модель, що описує досліджуваний процес, набуде вигляду: $Y_1 = 1,108 + 0,062x_2 + 0,162x_3 < 1,3\%$

Аналізуючи математичну модель y_1 - пошкодження картоплі можна зробити висновок, що найбільший вплив на функцію відгуку надає третій фактор (x_3 - висота кільця), у той час як вплив другого фактора (x_2 - кількість кілець на ковзанці) менший у 2,6 рази.

Аналізуючи математичну модель y_2 - ефективність сепарації можна зробити висновок, що найбільший вплив на функцію відгуку має другий фактор (x_2 - кількість кілець на котку), в той час, як вплив третього (x_3 - висота кільця) та їх комбінації менше у 1,64 та 2,88 рази відповідно. $0,782 + 0,022 x_3 > 0,79 x_3 > 0,36$

3.2 Методика визначення ефективності кришення ґрунту катком

Дослідження взаємодії копіювальної котка з ґрунтом проводили згідно з ГОСТ 24055-2016 «Методи експлуатаційно-технологічної оцінки».



Рисунок 3.1 - Забір ґрунтової проби для визначення вологості

Експериментальний робочий орган випробовувався при різній вологості ґрунту і з кількістю кілець, що змінюється.

Експеримент проводився на ґрунтовому каналі, на попередньо сформованій грядці при вологості ґрунту 21,3%, 18,4%, 15,6%. Земля в ґрунтовому каналі є середнім суглинком, яка при висиханні до певної вологості утворює на поверхні ґрунтову кірку (рисунок 3.1).



Рисунок 3.2 - Зважування ґрунтових проб перед визначенням вологості

На першому етапі експерименту визначається вологість ґрунту.

Ґрунтові проби забираються починаючи з глибини 5 см з кроком у п'ять (5) см: 5-10-15-20см (глибина залягання картоплі в гнізді), поміщаються в пронумеровані, висушені та зважені стаканчики та закриваються кришками.

Стаканчики (алюмінієві бюкси) та ґрунт у стаканчиках зважуємо з похибкою не більше 0,4 г (рисунок 3.2).

Алюмінієві бюкси відкриваємо і разом з кришками поміщаємо в нагріту сушильну шафу і висушуємо при температурі $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Після кожного висушування стаканчики із ґрунтом закриваємо кришками, охолоджуємо на відкритому повітрі та зважуємо.

При обчисленні масового відношення вологи у ґрунті у відсотках використовуємо формулу 3.10.

$$W = \frac{m_1 - m_0}{m_0 - m} \cdot 100 \quad (3.10.)$$

де

- маса вологого ґрунту зі стаканчиком та кришкою, г;
- маса висушеного ґрунту зі стаканчиком та кришкою, г;
- маса порожньої склянки з кришкою, г.

На другому етапі лабораторного експерименту визначається ефективність кришення ґрунтових грудок модернізованим зразком опорної котка картоплезбиральної машини. Схема розподілу експериментальної грядки щодо досвіду представлена на рисунку 3.9.

У процесі проходження опорної котка картоплезбирального комбайна руйнується ґрунтова кірка та утворюються ґрунтові грудки (ґрунтові агрегати) різної величини, які потрапляють на елеватор. Частина ґрунтових ком'ютерів просівається крізь прутки сепаруючих елеваторів, більші йдуть далі з можливістю попадання в картопляний бункер.

Для дослідження ефективності кришення ґрунту модернізованим зразком опорної котка проводився лабораторний розсів, представлений на рисунку 3.10. Для розсіву було виготовлено п'ять ґрат з наступним розміром осередків: 30 мм, 25 мм, 20 мм, 15 мм та 10 мм.

Решета ставилися друг на друга порядку зменшення розміру осередків зверху вниз. Під решітками містилася щільна клейонка, на яку збирався

просіяний шар ґрунту. Зібраний ґрунт з кожного решета збирався і зважувався (рисунок 3.2). Дані заносилися до таблиці.

На основі апріорної інформації вплив опорної котка на процес:

X_1 - вологість ґрунту, % (V);

X_2 – кількість кілець, шт. (n).

Рівні та інтервали варіювання факторів експерименту наведені у таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 - Рівні та інтервали варіювання факторів

Для обробки отриманих даних експериментальних досліджень на ґрунтовому каналі опорно-опресовуючої котка була використана програма STATISTICA 10. STATISTICA - Це система для статистичного аналізу даних, що включає широкий набір аналітичних процедур та методів.

Більшість функцій програми STATISTICA, що використовуються при обробці даних та виконанні аналізу (класифікації та регресійні дерева, виявлення зв'язків, загальні лінійні моделі тощо), оптимізовані за допомогою багатопотокової технології. Таким чином, стало можливим їхнє паралельне використання на багатоядерних процесорах і досягнення найвищої швидкодії для багаторозмірних завдань.

Адекватність одержаної моделі характеризується високим коефіцієнтом детермінації $R = 0,89$ та коефіцієнтом регресії $R = 0,95$. Отримане рівняння регресії виражає залежність питомої ваги великих агрегатів ґрунту від вологості ґрунту та кількості кілець, закріплених на циліндричній частині котка.

Також за результатами дослідження даних у програмі STATISTICA 10 була побудована поверхня відгуку факторів, що варіюються (рисунок 3.11).

Аналіз показав, що ефективність кришення ґрунтової кірки на грядці залежить від вологості ґрунту та кількості кілець. Обидва фактори є значущими.

3.3 Вивчення фізико-механічних властивостей культури картоплі та ґрунту

Агротехнічну оцінку та оцінку пошкоджень картоплі, а також дослідження механічних властивостей ґрунту проводили в польових та лабораторних умовах (рис. 3.12.) [102].

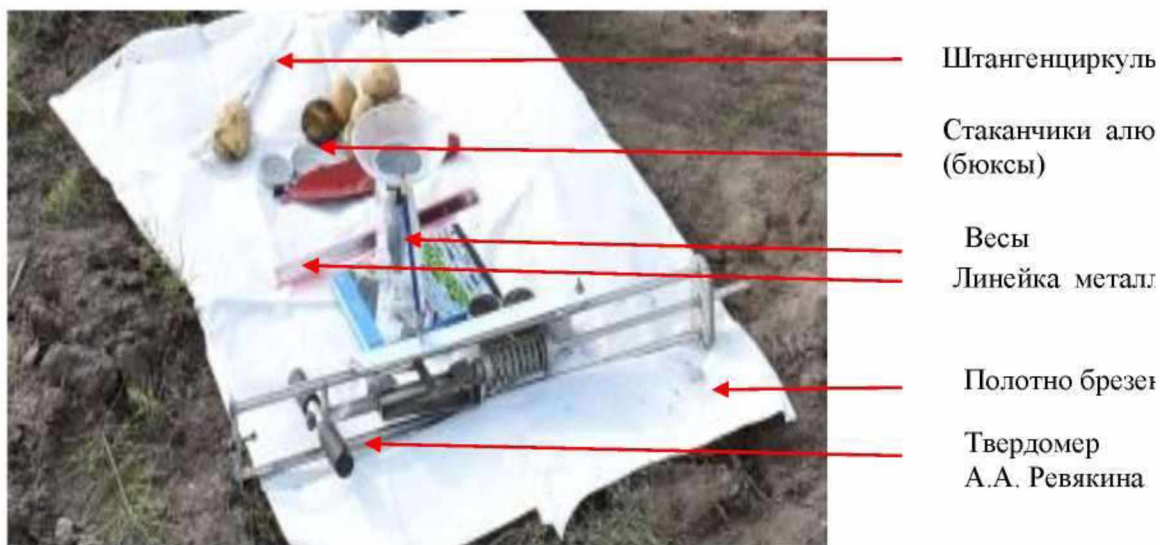


Рисунок 3.8 - Прилади для польових досліджень фізико-механічних властивостей картоплі

Для визначення заданих показників використовувалися різні засоби вимірювання та обладнання:

- Склянки алюмінієві (бюкси).
- Терези з похибкою вимірювань ± 10 мг.
- Лінійка металева 50 см із похибкою вимірювань ± 1 мм.
- Рулетка 10 м із похибкою вимірювань ± 1 мм.
- Вішки 150 см.
- Мішки хлорвінілові для зберігання проб.
- Полотно брезентове.
- Секундомір із похибкою вимірювань ± 1 с.
- Твердомір ґрунтовий Ревякіну з похибкою вимірювань $\pm 5\%$.
- Штангенциркуль.

З метою проведення агротехнічної оцінки фізико-механічних властивостей картоплі, що вирощується, попередньо визначається 5 облікових ділянок шириною захоплення картоплезбирального комбайна (2 грядки) - 1,5м. Довжина дослідної ділянки береться не більше 20м.

По кожній характеристиці картоплі здійснювалося від 50 до 100 вимірів для отримання надійного результату.

Для вимірювання висоти гребеня визначали відстань по вертикалі від дна борозни до вимірювальної рейки, яка розташовувалась на двох гребенях сусідніх рядків. Число вимірів - не менше 10 на одному з рядів кожної ділянки.

Наявність кілець на циліндричній частині опорної котка припускає можливість виникнення додаткових пошкоджень за їх рахунок. Для аналізу цієї ймовірності розглянемо у фактичному ракурсі будову та розмірні параметри картопляного гнізда. Сформуємо поздовжній розріз картопляного гнізда для визначення наступних характеристик: ширина гнізда, глибина залягання верхнього бульби, глибина залягання нижнього бульби. Для виявлення параметрів гнізда обережно підкопували кущ. Потім вимірювали лінійкою відстань між зовнішніми точками крайніх бульб, щоб дізнатися про ширину гнізда. Глибину залягання нижнього (верхнього) бульби визначали виміром відстані від нижнього обрізу рейки, покладеної на гребінь, до верхньої точки нижнього (верхнього) бульби [80]. Досвід проводили на 7 ділянках, підкопуючи по 5 кущів картоплі на кожному.



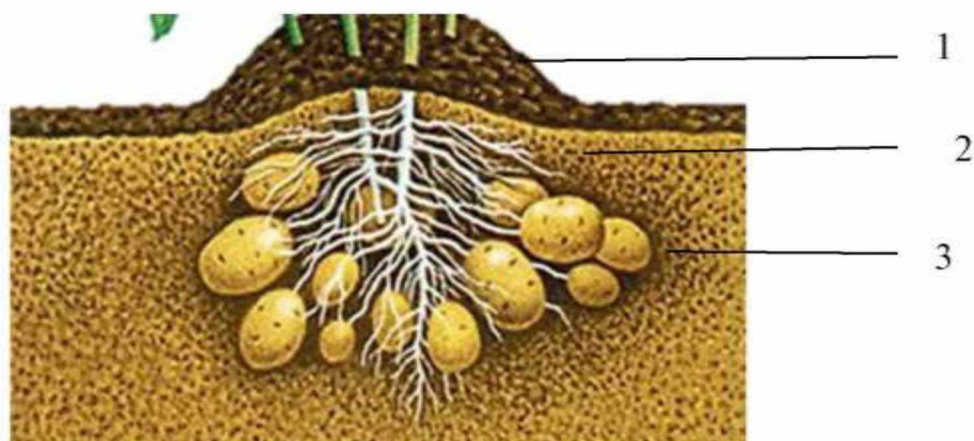
Рисунок 3.9 - Картопляне гніздо у розрізі

Моніторингові дані представлені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Розмірні характеристики картопляного гнізда

Схема взаємодії котка опорного з кільцями з картопляним гніздом представлена рисунку 3.9.

З метою оцінки ймовірності додаткових пошкоджень картоплі за рахунок удосконалення опорно-копіювальної котка з кільцями на циліндричній частині



барабана необхідно визначити об'єм картопляного гнізда. Для спрощення подальших розрахунків форма картопляного гнізда може бути апроксимована у форму кулі.

1 – грядка; 2 – картопляне гніздо; 3 - картопля

Рисунок 3.10 – Схема контакту модернізованої котка з картопляним гніздом

Кільця, що знаходяться на циліндричній частині котка, з усіх видів пошкоджень картоплі можуть вплинути тільки на тріщини. Всі інші пошкодження виникають в результаті підкопу та переміщення картопляного вороху по елементах картоплезбирального комбайна та в результаті його перевантаження та транспортування. Тому, виходячи з умови, що питома вага обсягу вдавненого ґрунту в обсязі картопляного гнізда всього 4, 25 %, то вдосконалена коток в умовах прогнозу максимальної взаємодії кілець на ковзанці та картоплі може збільшити потемніння на 0,03%, що є зовсім незначною величиною.

З кожної облікової ділянки викопали бульби картоплі (щонайменше 100 прим.). Після їхнього ретельного перемішування робився відбір середньої проби. Після цього визначалися розмірно-масові характеристики бульб картоплі: довжина, ширина, товщина і маса (рисунок 4.4) [47].

Вологість ґрунту визначалася щодня під час експерименту, проби на вологість бралися на глибині 0-25 см з інтервалом кожні 2 см у триразовій повторності у місцях, розташованих по діагоналі ділянки. Вологість проби визначалася ваговим способом. При визначенні вологості шляхом висушування встановлюють втрати маси після цієї процедури. Усі показники визначали згідно з ГОСТ 28268-89 [36].

Відібрана проба ґрунту масою 50-80г поміщалася у металеві стаканчики та закривалася щільно кришкою. На кришці бюкса є номер. Номер заповненого стаканчика із ґрунтом записувався в таблицю та відправлявся до лабораторії для зважування та визначення вологості.

Твердість ґрунту при механізованій обробці є важливим показником для обґрунтування основних параметрів робочого органу ґрунтообробних машин. Для визначення твердості ґрунту використовувався твердомір А.А. Ревякіна.

Виміри проводилися на глибині 18...22 см у місцях забору ґрунту (рисунок 3.10).

3.4 Висновки за розділом 3

1. Результати польових дослідів картоплезбирального комбайна ККР-2 та GRIMME SE 150-60 підтвердили результати проведених раніше теоретичних та лабораторних досліджень, у тому числі більш високу ефективність розробленої опорної котка з кільцями порівняно із серійним аналогом.

2. Установка вдосконалених опорно-копіювальних котків дозволяє порівняно із серійними котками збільшити фарбування пласта.

3. На підставі проведених господарських випробувань серійного та модернізованого картоплезбирального комбайна ККР-2М та GRIMME SE 150-60М можна зробити висновок, що є переваги використання розробленої котка з кільцями в конструкції збиральних машин. Встановлено зниження кількості грудок у 1,60 рази при роботі ККР-2М та у 1,57 рази при роботі GRIMME SE 150-60м. Також відсоток втрат знизився на 0,3%; пошкодження бульб зменшилися на 0,22% за ККР-2М; за GRIMME SE 150-60 відсоток втрат знизився на 0,15%; ушкодження бульб зменшилися на 0,17%.

4 РЕКОМЕНДАЦІЙЩО ДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЙ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.3 Техніко-економічна ефективність результатів дослідження

Техніко-економічні дослідження та оцінку економічної ефективності впровадження картоплезбирального комбайна з удосконаленим опорним катком проводили шляхом порівняння серійного та модернізованого картоплезбирального комбайна ККР-2.

Для проведення техніко-економічних оцінок модернізованого картоплезбирального комбайна ККР-2 з удосконаленим копіювально-опорним катком були використані нормативно-довідкові матеріали для економічної оцінки сільськогосподарської техніки, нормативно-довідкові матеріали з планування механізованих робіт у сільськогосподарському виробництві, технічні характеристики комбайна з керівництва з експлуатації, показники результатів господарських випробувань 2019...2020 років. [68, 69].

Оцінка економічної ефективності впровадження картоплезбирального комбайна здійснювалася за методикою ГОСТ 34393-2018 «Техніка сільськогосподарська. Методи економічної оцінки», розширеної елементами методики, запропонованої А.В. Шпилько [37, 66].

Впровадження модернізованого картоплезбирального комбайна ККР-2 з удосконаленим комкоруйнівним робочим органом спрямоване на зміну основних характеристик: обсягу вироблених витрат, втрати та пошкодження бульб картоплі. Річний економічний ефект від використання модернізованого картоплезбирального комбайна визначається сукупним впливом даних факторів [48].

Економічний ефект від зниження наведених витрат при використанні вдосконалених картоплезбиральних агрегатів у порівнянні з серійними аналогами визначається за формулою:

$$Z_{YE1...N} = Z_{Y1} - Z_{Y2},$$

де l ~ економічний ефект від зниження наведених витрат при використанні удосконалених картоплезбиральних агрегатів в порівнянні з серійними аналогами, грн.;

Z_{Y1}, Z_{Y2} - Наведені витрати при використанні, відповідно, серійних та вдосконалених збиральних агрегатів, грн. [19].

Економічний ефект від зниження наведених витрат при використанні вдосконалених картоплезбиральних агрегатів по порівняно із серійними аналогами у розрахунку на 1 га розраховують за формулою:

$$Z_{YEGA1...N} = \frac{Z_{YE1...N}}{S_p}$$

де Z_{YEGAi} j у - економічний ефект від зниження наведених витрат при використанні удосконалених картоплезбиральних агрегатів у порівнянні з серійними аналогами з розрахунку на 1 га, грн./га; площа поля з картоплею, га »[19].

Для здійснення наступних розрахунків щодо визначення економічної ефективності роботи картоплезбирального комбайна з удосконаленим опорним катком показник S_p беремо рівним 24 га.

$$Z_{Y1,2} = (Z_{AY1..N} + Z_{TOPX1Y..N} + Z_{TCMY1..N} + Z_{OY1..N} + H_{PY1..N}) \cdot V_{OP1..N} + S_{MY1..N}$$

де $Z_{AY1..N}$ - Сума нарахованої амортизації, грн. / Га;

$Z_{TOPX1Y..N}$ - Сукупні витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт, грн. / Га;

$Z_{TCMY1..N}$ - Витрати на пально-мастильні матеріали, грн. / Га;

$Z_{OY1..N}$ - Витрати на оплату праці механізаторам та допоміжним робітникам, грн. / Га;

$H_{PY1..N}$ - нормативний прибуток від капітальних вкладень, грн./га;

$V_{OP1..N}$ - Обсяг роботи з операції, га.

Відповідно до проведених господарських випробувань показник $V_{OP1..N}$ беремо рівним 24 га.

При здійсненні розрахунків нами робиться припущення, що у стадії збирання картоплі немає використання основних та допоміжних матеріалів. У зв'язку з цим показник $S_{MY1..N}$ беремо рівним 0.

Для підрахунку розміру експлуатаційних витрат необхідно здійснити калькуляцію за основними статтями витрат у розрізі серійного та модернізованого сільськогосподарських агрегатів.

Ефективність експлуатації картоплезбиральної техніки залежить від справності та ритмічності її роботи, для чого необхідно здійснювати своєчасне та належне технічне обслуговування та поточний ремонт, витрати на який обчислюються таким чином:

$$Z_{TOPXY1..N} = \frac{H_{TOPXY1..N} \cdot B_{TP}}{100 \cdot T_{1..N} \cdot W_{1..N}} + \frac{H_{TOPXY1..N} \cdot B_{CK1..N}}{100 \cdot T_{1..N} \cdot W_{1..N}},$$

де $H_{m \text{ орхп}}$ норма відрахувань на технічне обслуговування та поточний ремонт за відповідною технікою, %.

Грунтуючись на довідкових даних та умовах господарювання підприємств, що склалися, $H_{TOPXY1..N}$: для трактора МТЗ Білорус-1221-22,0%; для збиральних машин ККР-2, ККР-2М – 15 %.

$$Z_{TOPXC} = \frac{22 \cdot 2403500}{100 \cdot 1200 \cdot 0,46} + \frac{15 \cdot 3122121}{100 \cdot 200 \cdot 0,46} = 6048,33$$

$$Z_{TOPXM} = \frac{22 \cdot 2403500}{100 \cdot 1200 \cdot 0,46} + \frac{15 \cdot 3206136}{100 \cdot 200 \cdot 0,46} = 6185,31$$

Оплата праці є важливою складовою собівартості картоплі. В умовах механізованого збирання картоплі беруть участь як мінімум 3 особи: механізатор та 2 допоміжні працівники.

Картоплезбиральний комбайн з удосконаленим опорно-копіювальним грудкоруйнуючим катком сприяє зменшенню кількості великих

$$Z_{OY1..N} = Z_{M1..N} + Z_{BP1..N},$$

де Z_{MIN} - Витрати оплати праці механізаторів, грн./га,

$$Z_{oc} = 297,65 + 476,43 = 774,08 \quad Z_{OM} = 297,65 + 238,22 = 535,87$$

Вартість картоплезбиральної техніки переноситься на продукт, що виробляється у вигляді амортизації. Витрати на амортизацію та капітальний ремонт розраховуються за формулою:

$$Z_{AY1..N} = \frac{H_{A1..N} \cdot B_{tr}}{100 \cdot T_{1..N} \cdot W_{1..N}} + \frac{H_{A1..N} \cdot B_{cx1..N}}{100 \cdot T_{1..N} \cdot W_{1..N}}$$

де $H_{A1..N}$ - норма амортизаційних відрахувань за відповідною технікою, %.

Річна норма амортизації визначається виходячи з терміну корисної служби техніки з урахуванням амортизаційних груп. На підставі вищевикладеного та фактичних вихідних даних $H_{A1..N}$: для МТЗ Білорус- 1221 - 20%; для ККР-2, ККР-2М – 32,43.

$B_{tr} B_{cx1..N}$ ~ балансова вартість з відповідної техніки, грн.

Де $H_{гсм}$ - норма витрати паливно-мастильних матеріалів, кг/год;

$$Z_{гсм} = \frac{H_{гсм} \times Ц_{гсм}}{W}$$

$$Z_{ЕКСС} = 11876,31 + 6048,33 + 915,17 + 297,65 + 476,43 = 19613,89$$

$$Z_{ЕКСМ} = 12172,46 + 6185,31 + 915,17 + 297,65 + 238,22 = 19808,81$$

Оцінка економічної ефективності застосування удосконаленого комбайна ККР-2М здійснювалася у порівнянних цінах, за які було прийнято ціни 2020 р. (таблиця 4.2).

Таблиця 4.2 - Структура експлуатаційних витрат на збирання картоплі

Зниження експлуатаційних витрат сприятливо впливає на економічний ефект від використання модернізованого комкоруйнівного робочого органу. Для розрахунку цього економічного ефекту, використовуючи вираз (4.2).

$$Z = Z_{\text{зкс}} + E_Y \times K_Y$$

$$Z_C = 19613,89 + 0,15 \times 38290,27 = 25357,43$$

$$Z_M = 19808,81 + 0,15 \times 39203,47 = 25689,33$$

$$\text{Тогда, } Z_{YE} = (25357,43 - 25689,33) \times 24 = -7965,61$$

де Z_C , Z_M - наведені витрати на одиницю роботи, що виробляється сЕ- - річний обсяг, виконаний модернізованим картоплезбиральним комбайном ($U_{OP} = 24$ га).

Для розрахунку економічного ефекту необхідно попередньо визначити величину наведених витрат, яка відображає суму повних поточних виробничих (експлуатаційних) витрат та частину капітальних вкладень у вигляді нормативного прибутку від них (4.2):

Таким чином, проведені розрахунки показують, що впровадження модернізованого комкоруйнівного робочого органу призводить до зростання експлуатаційних витрат на 7965,61 грн або у перерахунку на 1 га – 331,90 грн.

$$E_{pot1..N} = S_p \cdot Y_K \cdot C_{PROD} \cdot \frac{a_{POTY1} - a_{POTY2}}{100},$$

На сумарний економічний ефект від впровадження вдосконаленої техніки, крім наведених витрат, впливають якісні характеристики готової продукції: зниження втрат і пошкоджень бульб картоплі.

Економічний ефект від зниження (підвищення) втрат бульб визначається:

J_2 – середня врожайність картоплі, т/га;

C_{z_2} : ціна непошкодженої картоплі, грн. / Т. » [19].

Польові випробування картоплезбирального комбайна дозволили визначити кількість втрат картоплі під час роботи серійного та модернізованого агрегатів. У зв'язку з цим для ККР-2 – 3,3%, ККР-2М – 3,0%

Економічний ефект від зниження (підвищення кількості пошкоджень бульб визначається: [39]:

$$E_{povr} = S_p \cdot Y_K \cdot C_{POVR} \cdot \frac{\alpha_{POVRY1} - \alpha_{POVRY2}}{100},$$

де E_{povr} - економічний ефект від зниження (підвищення) кількості пошкоджень бульб, грн.;

j_2 - урожайність картоплі, т/га;

$$E_{pot} = 24 \cdot 20,6 \cdot 11600 \cdot \frac{3,3 - 3,0}{100} = 17205,12$$

За результатами наведених розрахунків визначаються сумарний

$$E_{sym} = Z_{YE} + E_{pot} + E_{povr},$$

де E_{sym} - Сумарний економічний ефект від застосування нової машини при виконанні операції з збирання картоплі, грн. [19].

економічний ефект від застосування експериментальної машини при виконанні операції зі збирання картоплі (таблиця 5.7):

$$E_{sym} = -7965,61 + 17205,12 + 7570,25 = 16809,76$$

Сумарний економічний ефект від застосування експериментальної машини ККР-М при виконанні операцій із збирання картоплі з розрахунку на 1 га (таблиця 5.7) визначається:

де E_{symga} - Сумарний економічний ефект від застосування експериментальних машин при виконанні операцій з збирання картоплі для 1 га, грн./га» [19].

$$E_{symga} = \frac{16809,76}{24} = 700,41$$

З метою удосконалення картоплезбирального комбайна ККР-2 шляхом

модернізації робочих органів (котків опорних) необхідні інвестиційні вкладення у вигляді 73056 (2787944 -2714888)грн. У цьому сумарний річний економічний ефект від своїх використання (доходи - витрати) становить 16809,76 грн.

Таблиця 4.3 - Річний економічний ефект від застосування картоплезбирального комбайна з удосконаленим катком у порівнянні з серійним

№ п/п	Найменування показників	Одиниця вимірювання	Прибуток (+) / збиток (-)
			натуральні одиниці
1	Економічний ефект внаслідок зниження/підвищення витрат, у тому числі на 1 га	грн . -	-7965,61
		грн./га	-331,90
2	Економічний ефект внаслідок зниження/підвищення втрат бульб, у тому числі на 1 га	грн . -	17205,12
		грн./га	716,88
3	Економічний ефект внаслідок зниження/підвищення пошкоджень бульб, у тому числі на 1 га	грн . -	7570,25
		грн./га	315,43
4	Сумарний економічний ефект, у тому числі на 1 га	грн . -	16809,76
		грн./га	700,41

Таким чином, через $73056/16809,76 = 4,35$ року інвестиції в модернізацію картоплезбирального комбайна ККР-2 окупляться та почнуть приносити дохід інвестору.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз відомих науково-технічних джерел продемонстрував значну кількість праць, присвячених котком картоплезбиральних машин. У сучасних умовах значення котків недооцінено. Встановлено, що котка картоплезбиральної машини здатні покращити руйнування грудок, тому слід продовжити їх модернізацію.

2. Теоретичними дослідженнями встановлено залежність між навантаженням та деформацією ґрунту (глибиною колії) з урахуванням геометричних параметрів котка та фізико-механічних властивостей ґрунту. Аналіз залежності показав, що зі збільшенням навантаження на ковзанку та зменшенням кількості кілець на ковзанці збільшується вплив на ґрунтові грудки.

3. У процесі лабораторного експерименту встановлено, що для того, щоб ефективність сепарації не була нижчою за 79%, а величина пошкоджень картоплі не більше 1,3%, остаточну висоту кільця приймаємо 8 мм при кількості кілець 3 штуки. Експериментально визначено, що найменша кількість грудок $U_{\text{КК}} = 24,17\%$ досягається при встановленні 3 кілець на циліндричній частині котка та вологості ґрунту 16%.

4. Встановлено зниження кількості грудок у 1,60 рази при роботі ККР-2М та у 1,57 рази при роботі GRIMME SE 150-60-M.

5. Сумарний економічний ефект від застосування вдосконаленого опорного котка становив 16809,76 грн. (24 га), зокрема на 1 га 700,41 грн.